



(19)

(11) Publication number:

11298290 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 11004197

(51) Int'l. Cl.: H03H 9/25 H03H 9/145

(22) Application date: 11.01.99

(30) Priority: 16.02.98 JP 10 33121

(43) Date of application publication: 29.10.99

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MURATA MFG CO LTD

(72) Inventor: FUJIMOTO KOJI
KADOTA MICHIO
YONEDA TOSHIMARO
NAKAO TAKESHI

(74) Representative:

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

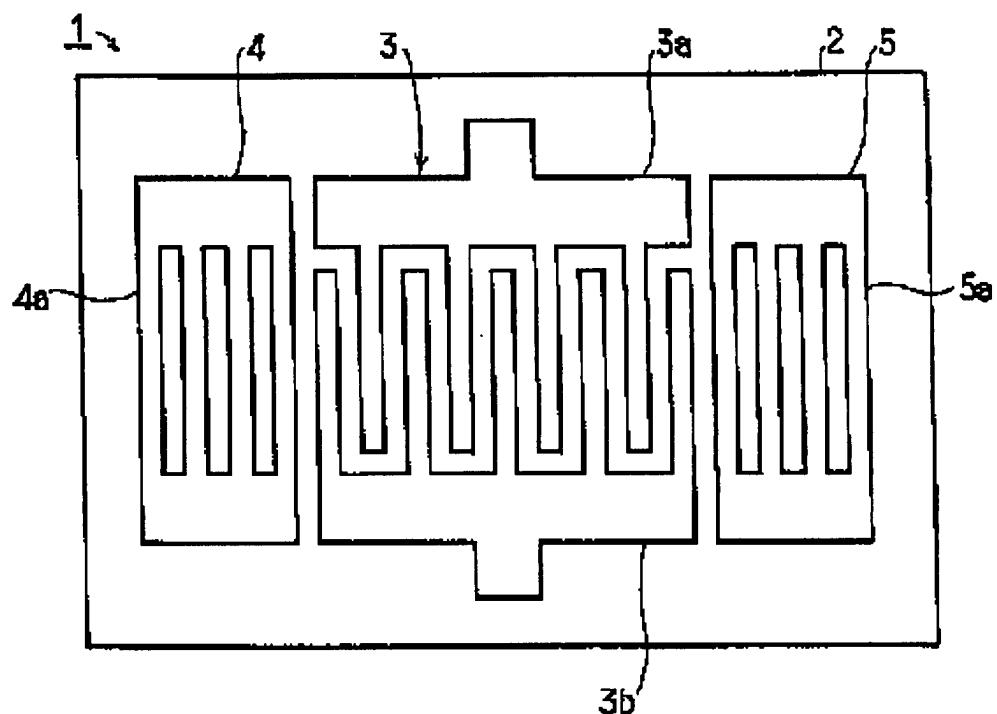
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive surface acoustic wave device which has its electrode structure that is easily machined and also has its satisfactory and stable characteristic by using an IDT which is formed on a crystal substrate having a specific Eulerian angle and constituted of an electrode material containing tungsten.

SOLUTION: A surface acoustic wave resonator 1 is constituted of a rectangular crystal substrate 2, which has an Eulerian angle θ of $122^\circ \cdot \theta \cdot 131^\circ$ in Eulerian angles $(0, \theta, 90^\circ)$. An IDT 3 is formed on the substrate 2 and has a pair of comb-teeth electrodes 3a and 3b. The fingers of both electrodes 3a and 3b are inserted into each other. The reflectors 4 and 5 are placed on both sides in the surface propagation direction of the IDT 3. The IDT 3 and the reflectors 4 and 5

are formed of tungsten. Thus, the band width is widened and accordingly the allowance is improved against the fluctuation of center frequency that is caused by the temperature change.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(51) Int.Cl.⁶
H 0 3 H 9/25
9/145

識別記号

F I
H 0 3 H 9/25
9/145

C
Z
C

審査請求 未請求 請求項の数12 O.L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平11-4197
(22)出願日 平成11年(1999)1月11日
(31)優先権主張番号 特願平10-33121
(32)優先日 平10(1998)2月16日
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000006231
株式会社村田製作所
京都府長岡京市天神二丁目26番10号
(72)発明者 藤本 耕治
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
(72)発明者 門田 道雄
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
(72)発明者 米田 年麿
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
(74)代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税

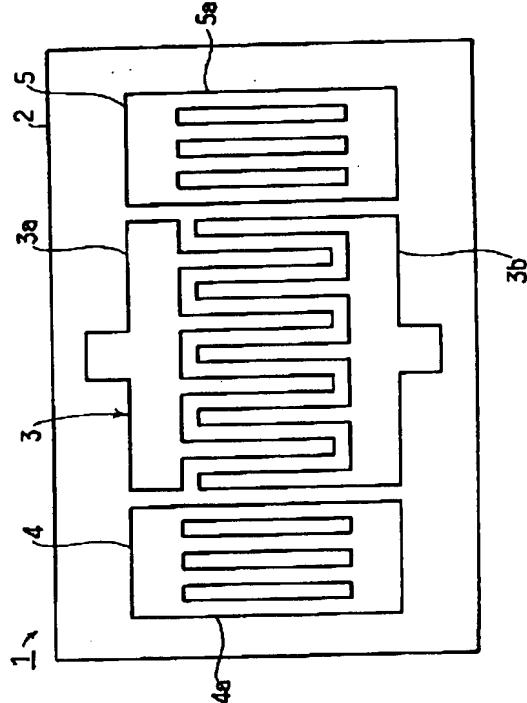
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 弾性表面波装置

(57)【要約】

【課題】 水晶基板を用いた弾性表面波装置であつて、良好な共振特性を有し、安価でありかつ電極の加工が容易な弾性表面波装置を提供する。

【解決手段】 オイラー角 ($0, \theta, 90^\circ$) において、 θ が $122^\circ \leq \theta \leq 131^\circ$ である水晶基板と、前記水晶基板上に形成されており、かつT a またはWを電極材料として用いて構成されたインターデジタルトランステューサとを備える弾性表面波装置1。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 オイラー角(0, θ, 90°)において、θが、122° ≤ θ ≤ 131°である水晶基板と、前記水晶基板上に形成されておりTaまたはWを含む電極材料により、構成されているインターデジタルトランスデューサとを備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

【請求項2】 オイラー角(0, θ, 90°)において、θが、125° ≤ θ ≤ 128°である水晶基板と、前記水晶基板上に形成されておりかつTaまたはWを含む電極材料により構成されているインターデジタルトランスデューサとを備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

$$\theta = 125.44 + 108.27 \times d \times h / \lambda \pm 1.2 \quad \cdots \text{式(1)}$$

とされていることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項5】 前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極材料がWであり、インターデジタルトランスデューサとを備えることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の弾性表面波装置。

$$\theta = 125.70 + 49.87 \times d \times h / \lambda \pm 1.2 \quad \cdots \text{式(2)}$$

とされていることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項6】 前記インターデジタルトランスデューサの表面波伝搬方向両側に配置された反射器をさらに備え、それによって弾性表面波共振子が構成されており、前記インターデジタルトランスデューサの電極指の対数をN_{IDT}としたときに、N_{IDT}が200以下とされていることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項7】 前記N_{IDT}が100以下とされていることを特徴とする、請求項6に記載の弾性表面波装置。

【請求項8】 前記N_{IDT}が20以下とされていることを特徴とする、請求項6に記載の弾性表面波装置。

【請求項9】 前記インターデジタルトランスデューサの表面波伝搬方向両側に配置されており、かつ表面波伝搬方向と直交する方向に延びる複数本の電極指の両端を短絡することにより構成された反射器をさらに備え、それによって弾性表面波共振子が構成されており、前記反射器の電極指の本数をN_{REF}としたときに、N_{REF}が20以下とされていることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項10】 弹性表面波共振子としての請求項6～9のいずれかに記載の弾性表面波装置を用いて構成されていることを特徴とする、弾性表面波フィルタ。

【請求項11】 オイラー角(0, θ, 90°)において、θが、125° ≤ θ ≤ 128°である水晶基板と、前記水晶基板上においてギャップを隔てて配置されており、かつTaまたはWを含む電極材料により構成されている第1、第2のインターデジタルトランスデューサと、

前記第1、第2のインターデジタルトランスデューサの設けられている領域の表面波伝搬方向両側に配置された反射器とを備え、

*ンスデューサとを備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

【請求項3】 励振される表面波の波長をλとしたときに、前記インターデジタルトランスデューサの電極指交叉幅が40λ以下であることを特徴とする、請求項1または2に記載の弾性表面波装置。

【請求項4】 前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極材料がTaであり、インターデジタルトランスデューサの膜厚をh、インターデジタルトランスデューサの電極指のメタライゼーションレジオをdとしたときに、θが、

$$\theta = 125.44 + 108.27 \times d \times h / \lambda \pm 1.2 \quad \cdots \text{式(1)}$$

*ンスデューサの膜厚をh、インターデジタルトランスデューサの電極指のメタライゼーションレジオをdとしたときに、θが、

$$\theta = 125.70 + 49.87 \times d \times h / \lambda \pm 1.2 \quad \cdots \text{式(2)}$$

前記第1、第2のインターデジタルトランスデューサ間のギャップの表面波伝搬方向に沿う寸法をG、x = G / λとし、各インターデジタルトランスデューサの電極指の対数をN_{IDT}としたときに、N_{IDT}がN_{IDT MAX}(x)以下とされており、

但し、N_{IDT MAX}(x) = 338 {x - (0.22 + 0.55n)}² + 25であり、nは、-0.055 + 0.55n ≤ x < 0.495 + 0.55nで定まる整数であることを特徴とする、縦結合型弾性表面波フィルタ。

【請求項12】 オイラー角(0, θ, 90°)において、θが、125° ≤ θ ≤ 128°である水晶基板と、前記水晶基板上においてギャップを隔てて配置されており、かつTaまたはWを含む電極材料により構成されている第1、第2のインターデジタルトランスデューサと、

前記第1、第2のインターデジタルトランスデューサの設けられている領域の表面波伝搬方向両側に配置された反射器とを備え、前記反射器の電極指の数をN_{REF}としたときに、N_{REF}が20以下とされていることを特徴とする、縦結合型弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、水晶基板を用いた弾性表面波装置に関し、より詳細には、水晶基板と電極との組み合わせを工夫することにより、良好かつ安定な共振特性を得ることを可能とした弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電基板として水晶基板を用いた弾性表面波装置が特公昭61-45892号公報に開示されて

【0003】この先行技術に記載の弹性表面波装置では、水晶回転Y板による水晶基板上に、金電極による送信用及び受信用のインターデジタルトランステューサが形成されている。ここでは、インターデジタルトランステューサ(以下、IDT)の電極膜厚を h_0 、電極指の幅を a 、電極指の間げきを b 、励振される表面波の波長 λ としたときに、 $X = [a / (a + b)] (h_0 / \lambda)$ で表されるXと、切断方位 θ とが、 $\theta = (-187.07. 5X^2 + 21. 429X + 129. 5)$ とすることにより、周波数温度特性が改善されるとされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記弹性表面波装置では、IDTを構成する電極材料として金電極を用いているため、コストが高くつくこと、並びに加工が困難であることなどの問題があった。

【0005】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、安価であり、かつ電極構造の加工が容易であり、さらに良好かつ安定な特性を得ることを可能とする弹性表面波装置を提供することにある。

*【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、オイラー角(0, θ , 90°)において、 θ が、 $122^\circ \leq \theta \leq 131^\circ$ である水晶基板と、前記水晶基板上に形成されておりTaまたはWを含む電極材料により、構成されているIDTとを備えることを特徴とする。

【0007】請求項2に記載の発明に係る弹性表面波装置は、オイラー角(0, θ , 90°)において、 θ が、 $125^\circ \leq \theta \leq 128^\circ$ である水晶基板と、前記水晶基板上に形成されておりかつTaまたはWを含む電極材料により構成されているIDTとを備えることを特徴とする。

【0008】請求項3に記載の発明では、励振される表面波の波長を λ としたときに、前記IDTの電極指交叉幅が 40λ 以下とされている。請求項4に記載の発明では、前記IDTを構成する電極材料がTaであり、IDTの膜厚を h 、IDTの電極指のメタライゼーションレシオを d としたときに、 θ が、

$$\theta = 125. 44 + 108. 27 \times d \times h / \lambda \pm 1. 2 \quad \cdots \text{式(1)}$$

とされている。

【0009】請求項5に記載の発明では、前記IDTを構成する電極材料がWであり、IDTの膜厚を h 、IDT

$$\theta = 125. 70 + 49. 87 \times d \times h / \lambda \pm 1. 2 \quad \cdots \text{式(2)}$$

とされている。

【0010】請求項6に記載の発明では、前記IDTの表面波伝搬方向両側に配置された反射器がさらに備えられており、それによって弹性表面波共振子が構成されており、前記IDTの電極指の対数を N_{IDT} としたときに、 N_{IDT} が200以下とされている。

【0011】請求項7に記載の発明では、前記 N_{IDT} が100以下とされている。また、請求項8に記載の発明では、前記 N_{IDT} が20以下とされている。請求項9に記載の発明では、前記IDTの表面波伝搬方向両側に配置されており、かつ表面波伝搬方向と直交する方向に延びる複数本の電極指の両端を短絡することにより構成された反射器がさらに備えられており、それによって弹性表面波共振子が構成されており、前記反射器の電極指の本数を N_{REF} としたときに、 N_{REF} が20以下とされている。

【0012】請求項10に記載の発明は、弹性表面波共振子としての請求項6～9のいずれかに記載の弹性表面波装置を用いて構成されていることを特徴とする弹性表面波フィルタである。

【0013】請求項11に記載の発明は、第1、第2のIDTを有する縦結合型弹性表面波フィルタであり、オイラー角(0, θ , 90°)において、 θ が、 $125^\circ \leq \theta \leq 128^\circ$ である水晶基板と、前記水晶基板上においてギャップを隔てて配置されており、TaまたはWを含む電極材料により構成されている第1、第2のIDT

と、前記第1、第2のIDTの設けられている領域の表面波伝搬方向両側に配置された反射器とを備え、第1、第2のIDT間のギャップの表面波伝搬方向に沿う寸法を G 、 $x = G / \lambda$ 、各IDTの電極指の対数を N_{IDT} としたときに、 N_{IDT} が $N_{IDT MAX}(x)$ 以下とされており、但し、 $N_{IDT MAX}(x) = 338 \{x - (0. 22 + 0. 55n)\}^2 + 25$ であり、 n は、 $-0. 055 + 0. 55n \leq x < 0. 495 + 0. 55n$ で定まる整数であることを特徴とする。

【0014】請求項12に記載の発明は、第1、第2のIDTを有する縦結合型弹性表面波フィルタであって、オイラー角(0, θ , 90°)において、 θ が、 $125^\circ \leq \theta \leq 128^\circ$ である水晶基板と、前記水晶基板上においてギャップを隔てて配置されており、TaまたはWを含む電極材料により構成されている第1、第2のIDTと、前記第1、第2のIDTの設けられている領域の表面波伝搬方向両側に配置された反射器とを備え、前記反射器の電極指の数を N_{REF} としたときに、 N_{REF} が20以下とされていることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明に係る弹性表面波装置の非限定的な構造例を説明することにより、本発明を明らかにする。

【0016】図1は、本発明の第1の実施例に係る弹性表面波共振子を説明するための平面図である。弹性表面波共振子1は、矩形の水晶基板2を用いて構成されてい

る。この水晶基板2では、オイラー角(0, θ, 90°)において、θが122° ≤ θ ≤ 131°とされている。

【0017】水晶基板2上には、IDT3が形成されている。IDT3は、一对のくし歯電極3a, 3bを有し、くし歯電極3a, 3bの電極指は互いに間挿し合っている。また、IDT3の表面伝搬方向両側に、複数の電極指を両端で短絡してなるグレーティング型反射器4, 5が配置されている。

【0018】上記IDT3及び反射器4, 5は、タングステン(W)により形成されている。製造に際しては、水晶基板2上に、タングステンを蒸着、CVD、メッキ、スパッタリングなどの薄膜形成法により付与することにより、IDT3及び反射器4, 5が形成されている。

【0019】本実施例の弹性表面波共振子1では、オイラー角(0, θ, 90°)において、θが122° ~ 131°の範囲とされているので、SHタイプの表面波を利用することにより、帯域幅を広げることができる。従って、温度変化による中心周波数の変動に対する余裕度を高めることができる。これを、以下において説明する。

【0020】周波数温度特性が良好であるため、従来より多用されているSTカットX伝搬水晶基板におけるレイリー波の電気機械結合係数K²は0.14%である。これに対して、上記特定のオイラー角を有する本実施例で用いられている水晶基板でラブ波や擬似ラブ波を励振した場合、その電気機械結合係数K²は0.64%である。

【0021】一般に、弹性表面波装置の帯域は電気機械結合係数K²に比例する。従って、上記STカットX伝搬水晶基板を用い、レイリー波を利用した従来の弹性表面波装置の中心周波数がf₀ = 200MHz及び帯域が50KHzとすると、本実施例の弹性表面波共振子1では、電気機械結合係数K²が上記STカットX伝搬水晶基板のレイリー波を用いた弹性表面波装置に比べて約4.6倍であるため、本実施例の弹性表面波共振子1では、帯域は230KHzとなる。

【0022】この帯域の差、すなわち230 - 50 = 180KHzが、温度特性による中心周波数の変動に対する余裕となる。すなわち、温度変化に伴う周波数のずれに対して、本実施例の弹性表面波共振子1を用いたフィルタでは、上記の場合±50KHzの余裕がある。この帯域の余裕度をf₀ = 200MHzに換算すると、180KHz / 200MHz = 900ppmとなるため、通過域の低周波側に-450ppm、高周波側に+450ppmとなる。他方、STカットX伝搬水晶基板のレイリー波を用いた弹性表面波装置で要求されている1°Cあたりの、周波数変化率は±1ppm/°C以下である。本実施例の弹性表面波共振子1を用いたフィルタでは、温

度変化に伴う中心周波数の変動に対する余裕度が、上記したように900ppmであるため、実使用温度範囲(-10°C ~ 50°C)を考えた場合、1°Cあたり900ppm / 60°C = 15ppm/°C分余裕度が増すことになる。後述のように、本発明の弹性表面波装置では、-20°C ~ 80°C間の100°Cの温度変化に対する周波数変化率が100ppm以下、すなわち、1°Cあたり1ppm/°C以下を示す最適カット角は、オイラー角(0, θ, 90°)でθ = 125° ~ 128°である。この範囲内のある角度をθ'として、この特定の角度θ'を基準として、前後に種々角度を変化させて弹性表面波共振子の温度特性を測定した。結果を図2に示す。なお、θ' = 125°及びθ' = 128°の場合、同様の傾向を示したため、125° ~ 128°内であれば、θ'はどの角度であっても同じ傾向を示すと考えられる。図2に示されているように、θ' + 3°で15ppm/°C、θ' - 3°で-15ppm/°Cとなるため、一般に要求されているレベルの温度特性は122° ≤ θ ≤ 131°で得られることがわかる。

【0023】すなわち、θを122 ~ 131°の範囲とすることにより、温度変化に伴う中心周波数の変動に対する余裕度が高められ、周波数温度特性が良好な弹性表面波共振子及びそれを用いたフィルタなどの装置が得られることがわかる。さらに、図2から明らかのように、θを125 ~ 128°の範囲とした場合には、より一層周波数温度特性を良好とし得ることがわかる。

【0024】なお、水晶基板のカット角については製造誤差が±0.3°であるため、ほぼねらい通りのカット角を実現することができるが、表面波伝搬方向については、露光技術にもよるが製造誤差は±2°程度ある。従って、カット角90°を目的とした場合であっても、実際に製造された弹性表面波共振子では、カット角は88 ~ 92°の範囲にあたることがある。しかしながら、伝搬方向についてはそれほど特性に大きく影響を与えないため、上記のように±2°程度伝搬方向がずれたとしても、本発明の効果を得ることを指摘しておく。

【0025】次に、弹性表面波共振子のより好ましい例として、オイラー角(0, θ, 90°)におけるθが125 ~ 130°の範囲にある弹性表面波共振子の共振特性について説明する。すなわち、このようなオイラー角の水晶基板を用いた弹性表面波共振子1のインピーダンス-周波数特性を図3に示す。図3から明らかのように、タングステンを電極材料として用いてIDT3及び反射器4, 5を形成した場合であっても、良好な共振特性の得られることがわかる。従って、良好な共振特性を有する弹性表面波共振子1を安価に提供し得ることがわかる。また、上記タングステンよりなるIDT3及び反射器4, 5は、金電極を用いた場合に比べて、水晶基板への密着強度が強固であるため、加工も容易であり、從

【0040】すなわち、オイラー角(0, 127°, 90°)の水晶基板上に、TaからなるIDTを $h/\lambda = 0.02$ 、及び $d = 0.6$ となるように形成して、図1に示した弹性表面波共振子を構成した。また、IDTの電極指の対数 N_{IDT} を50とし、電極指交叉幅を種々変化させて複数種の弹性表面波共振子1を作製し、インピーダンス-周波数特性を測定した。結果を図8～図10に示す。なお、図8～図10の横軸は、周波数を f 、共振周波数を f_r としたとき $(f - f_r) / f_r \times 100\%$ で表される共振周波数による規格化周波数である。

【0041】図8は、電極指交叉幅が 25λ の場合を、図9は電極指交叉幅が 40λ の場合を、図10は電極指交叉幅が 100λ の場合の結果を、それぞれ示す。図10から明らかなように、電極指交叉幅が 100λ の場合、矢印Iで示すように、共振点と反共振点との間に、すなわち帯域内に横モードによる大きなスプリアスが発生している。これに対して、図8及び図9に示す特性では、共振点と反共振点との間に、このようなスプリアスが現れていない。

【0042】上記スプリアスは、基本モードの振動に対して、高次モードの振動が近接していることにより生じると考えられる。従って、図9から、高次モードに起因するスプリアスを抑圧するには、電極指交叉幅を 40λ 以下となるように構成すればよいことがわかる。

【0043】よって、本発明に係る弹性表面波装置においては、IDTの電極指交叉幅を 40λ 以下とすることにより帯域内スプリアスを効果的に抑圧することができ、良好な共振特性を得ることができる。

【0044】なお、上述した式(1)及び(2)に示すように、 θ を調整し、良好な温度特性を実現すること、並びに電極指交叉幅を 40λ 以下とすることにより帯域内におけるスプリアスを抑圧する構成については、上記弹性表面波共振子1だけでなく、弹性表面波フィルタなどの他の弹性表面波装置にも適用することができ、同様の効果を得ることができる。

【0045】次に、本願発明者らは、IDTの表面伝搬方向両側に反射器が配置された弹性表面波共振子、すなわち図1に示したような弹性表面波共振子1における、IDTの電極指の対数 N_{IDT} の特性に与える影響を調べた。反射器4, 5の影響をなくすために、反射器4, 5を設げずに、オイラー角(0, 127°, 90°)の水晶基板上に、TaからなるIDTを $h/\lambda = 0.02$ 、かつ $d = 0.6$ となるように形成し弹性表面波共振子を構成した。IDTの電極指の対数 N_{IDT} を種々変化させ、得られた複数種の弹性表面波共振子のインピーダンス比を測定した。結果を図11に示す。なお、インピーダンス比とは、共振抵抗を r_o 、反共振抵抗を r_a としたときに、 $20\log(r_a/r_o)$ で表される値である。

【0046】図11から明らかなように、 N_{IDT} が増加するにつれて、インピーダンス比が大きくなり、 N_{IDT} が200を超えると、インピーダンス比が飽和している。従って、上記 N_{IDT} を200以下とすれば、 N_{IDT} の数を調整することにより、適切なインピーダンス比の弹性表面波装置の得られることがわかる。

【0047】よって、本発明に従って、上記特定のオイラー角の水晶基板上に、TaからなるIDTを形成した弹性表面波共振子においては、IDTの対数を200以下とすることにより、適切なインピーダンス比の弹性表面波共振子を容易に提供することができ、それによって所望の特性を容易に実現することができる。

【0048】同様に、本願発明者らは、上記弹性表面波共振子1について、 N_{IDT} を種々変更し、比帯域幅 $(f_a - f_r) / f_r$ 及び共振抵抗 r_o を測定した。結果を図12及び図13にそれぞれ示す。

【0049】図12から明らかなように、比帯域幅については、 N_{IDT} が増加するにつれて減少するが、 N_{IDT} が20を超えるとほぼ一定となっている。従って、 N_{IDT} を20以下とすれば、比帯域幅を N_{IDT} の数を調整することにより容易に調整し得ることがわかる。

【0050】さらに、図13から明らかなように、 N_{IDT} が増加するにつれて、共振抵抗が低下し、 N_{IDT} が50を超えると共振抵抗がほぼ一定となることがわかる。よって、図13から、 N_{IDT} を50以下とすれば、 N_{IDT} の数を調整することにより共振抵抗の値を調整し得ることがわかる。

【0051】よって、図12及び図13から、本発明に従って上記特定のオイラー角の水晶基板上にTaからなるIDTを形成して弹性表面波共振子1を構成した場合、 N_{IDT} の数を調整することにより、すなわち、 N_{IDT} の数を100以下とした場合には、 N_{IDT} の数を調整することにより共振抵抗を容易に調整することができ、 N_{IDT} の数を20以下とした場合には、 N_{IDT} の数を調整することにより比帯域幅を容易に調整し得ることがわかる。

【0052】また、本願発明者らは、上記弹性表面波共振子1において、(0, 127°, 90°)の水晶基板上にIDT3の膜厚を $h/\lambda = 0.02$ となるように、 $d = 0.6$ となるようにしてIDT3を形成し、反射器における電極指の本数を変化させた場合のインピーダンス比の変化を調べた。結果を図14に示す。図14の横軸は反射器の電極指の数 N_{REF} 、縦軸はインピーダンス比を示す。

【0053】また、図14の実線 K_1 は $N_{IDT} = 5$ の場合、破線 K_2 は $N_{IDT} = 20$ の場合、一点鎖線 K_3 は $N_{IDT} = 80$ の場合、二点鎖線 K_4 は $N_{IDT} = 160$ とした場合の結果をそれぞれ示す。

【0054】図14から明らかなように、 N_{IDT} の数の如何に係わらず、反射器の電極指の数 N_{REF} が上昇する

につれて、インピーダンス比が増加する傾向のあることがわかる。また、 N_{REF} の数が 20 を超えるとインピーダンス比の上昇が飽和することもわかる。

【0055】従って、 N_{REF} の数を 20 以下とすれば、 N_{REF} の数を調整することによりインピーダンス比を容易に調整し得ることがわかる。よって、上記弹性表面波共振子 1 では、上記特定のオイラー角の水晶基板を用い、Ta からなる IDT を構成した場合、反射器の電極指の本数を 20 以下とし、反射器の電極指の本数 N_{REF} の数を調整することによりインピーダンス比を容易に調整することができ、それによって所望の特性を確実に得ることができる。

【0056】本発明に係る弹性表面波装置では、上述した弹性表面波共振子 1 を複数用いることにより弹性表面波フィルタを構成することができる。このような弹性表面波フィルタの構造については特に限定されない。例えば、図 24 に回路図で示すように、複数の弹性表面波共振子 1 を、直列腕及び並列腕に直列腕共振子 S1～S3 及び直列腕共振子 P1～P4 として配置し、ラダー型フィルタを構成してもよい。すなわち、複数の弹性表面波共振子を用いて構成された周知の弹性表面波フィルタに、本発明を適用することができる。

【0057】また、図 15 及び図 22 を参照して後述するように、反射器間に 2 個の IDT を設けてなる縦結合型弹性表面波フィルタを構成してもよい。図 15 は、本発明の第 2 の実施例としての弹性表面波フィルタを示す*

$$N_{IDT \text{ MAX}}(x) = 338 \{x - (0.22 + 0.55n)\}^2 + 25 \quad \cdots \text{式 (5)}$$

で表される値である。ここで、IDT13, 14 間のギャップ G (電極指の中心間の距離) の寸法を G としたとき、 $x = G/\lambda$ である。また、n は、 $-0.055 + 0.55n \leq x \leq 0.495 + 0.55n$ で定まる整数である。

【0062】本実施例の縦結合型弹性表面波フィルタ 1 では、 N_{IDT} が、上記 $N_{IDT \text{ MAX}}(x)$ 以下とされているので、以下に述べるようにモード間隔 (縦基本モードと縦高次モードとの周波数差の中心周波数に対する比率 (%)) を調整することができ、それによって帯域幅を調整することができる。これを、図 16～図 21 を参照して説明する。

【0063】図 16 (a) 及び (b) は、上記弹性表面波フィルタ 1 として、第 1, 第 2 の IDT13, 14 間のギャップを 0.50λ とし、 N_{IDT} を 50 (図 16 (a) の場合) 及び 30 (図 16 (b) の場合)、 $N_{REF} = 40$ とし、IDT13, 14 と近接された反射器 15, 16 との間の表面波伝搬方向に沿うギャップを 0.50λ とし、付加インピーダンスを 50Ω とした場合の挿入損失-周波数特性を示す。なお、図 16 及び後述の図 17～20 に示す特性を得るに際し、水晶基板としては、オイラー角 ($0, 127^\circ, 90^\circ$) のものを

* 模式的平面図である。弹性表面波フィルタ 1 は、平面形状が矩形の水晶基板 12 を用いて構成されている。この水晶基板 12 では、第 1 の実施例の弹性表面波共振子の場合と同様に、オイラー角 ($0, \theta, 90^\circ$) において、 θ が $125^\circ \leq \theta \leq 128^\circ$ とされている。

【0058】水晶基板 12 上には、第 1, 第 2 の IDT 13, 14 が形成されている。IDT13, 14 は、それぞれ、一対のくし歯電極 13a, 13b, 14a, 14b を有する。くし歯電極 13a, 13b の電極指は互いに間挿し合っている。同様に、くし歯電極 14a, 14b の電極指は互いに間挿し合っている。

【0059】また、IDT13, 14 は、表面波伝搬方向において、所定のギャップ G を隔てて配置されている。IDT13, 14 が設けられている領域の表面波伝搬方向両側には、複数本の電極指を両端で短絡してなるグレーティング型反射器 15, 16 が配置されている。上記 IDT13, 14 及び反射器 15, 16 は、タングステンまたはタンタルにより構成されている。

【0060】本実施例の弹性表面波の特徴は、上記特定の水晶基板を用いていること、並びに IDT13, 14 を、Ta または W を含む電極材料により構成したこと、加えて、さらに、第 1, 第 2 の IDT13, 14 の電極指の対数 N_{IDT} が、下記のようにして表される $N_{IDT \text{ MAX}}(x)$ 以下とされていることを特徴とする。

【0061】 $N_{IDT \text{ MAX}}(x)$ は、

用い、IDT13, 14 の膜厚 h/λ は 0.02 、d は 0.6 とした。

【0064】図 16 (a), (b) に示す特性において、使用する帯域は、矢印 L_1 , L_2 で示す部分である。矢印 L_1 , L_2 で示す帯域を比較すれば明らかのように、 N_{IDT} の数を変化させることにより、帯域幅が変化していることがわかる。

【0065】上記帯域幅の変化は、基本モードに対して高次モードが重なり合うことにより生じる現象であり、従って、本願発明者らは、高次モードと基本モードとの周波数差 (モード周波数差) の中心周波数に対する比率、すなわち帯域幅が、 N_{IDT} によりどのように変化するかを調べた。結果を図 17～図 20 に示す。

【0066】なお、上記帯域幅の変化は、 N_{IDT} の数だけでなく、第 1, 第 2 の IDT13, 14 間のギャップにも供することに鑑み、ギャップ G についても種々異ならせた。すなわち、図 17 では、IDT13, 14 間のギャップ $x = 0.20\lambda$ とし、図 18 では $x = 0.50\lambda$ とし、図 19 では $x = 0.70\lambda$ とし、図 20 では $x = 0.90\lambda$ とした。

【0067】図 17～図 20 から明らかのように、ギャップ x の値に如何に係わらず、 N_{IDT} の数が減少するに

つれて、帯域幅が大きくなり、 N_{IDT} が大きくなるにつれて、帯域幅が小さくなり、 N_{IDT} が一定の値を超えると帯域幅が0となることがわかる。

【0068】よって、縦結合型弾性表面波フィルタ11においては、 N_{IDT} をある一定の数以下にすることにより、帯域幅を有するフィルタ特性を得ることができ、かつ N_{IDT} を該一定の数以下とすれば、該一定の数以下の範囲で N_{IDT} を調整することにより所望の帯域幅を実現し得ることがわかる。

【0069】ところが、帯域幅が0となる N_{IDT} の数は、上記 x の値によって変化する。そこで、本願発明者らは、図18～図20に示した特性と同様に、IDT-IDT間のギャップGを種々異ならせ、同様の特性を得た。そして、これらの特性から、帯域幅が0となる $N_{IDT MAX}(x)$ は、

$$N_{IDT MAX}(x) = 338 \{x - (0.22 + 0.55n)\}^2 + 25 \quad \cdots \text{式 (5)}$$

となる。ここで、 n は、 $0.22 + 0.55n - (0.55/2) \leq x < 0.22 + 0.55n + (0.55/2)$ であり、すなわち $-0.055 + 0.55n \leq x < 0.495 + 0.55n$ …式(6)となる。

【0073】すなわち、 n は、上述した式(6)を満たす整数となる。図21に示す曲線Mから明らかなるように、 x と、上記 $N_{IDT MAX}$ の値との間には周期性が存在し、従って式(5)に示したように、 $N_{IDT MAX}(x)$ の値が n に依存することになる。

【0074】よって、本実施例の縦結合型弾性表面波フィルタ11では、IDT13, 14の電極指の対数 N_{IDT} を、上記のようにして定義される $N_{IDT MAX}(x)$ 以下とすれば、帯域幅を得ることができ、しかもその範囲で N_{IDT} の数を調整することにより所望の帯域幅を容易に実現し得ることがわかる。

【0075】また、本願発明者らは、上記縦結合型弾性表面波フィルタ11において、反射器の電極指の本数 N_{REF} を変化させた場合、挿入損失がどのように変化するかを調べた。すなわち、上記と同様に、オイラー角 $(0, 127^\circ, 90^\circ)$ の水晶基板上に、 $h/\lambda = 0.02$ 、 $d = 0.6$ となるようにTa薄膜からなるIDT13, 14を形成し、同じくTa薄膜からなる反射器15, 16の電極指の本数を種々異ならせ、種々の弾性表面波フィルタ11を作製した。これらの弾性表面波フィルタ11について、挿入損失を測定した。結果を図23に示す。

【0076】また、上記挿入損失は、IDT13, 14の電極指の対数及びIDT13, 14間のギャップGの大きさにも影響されるため、IDT13, 14の電極指の対数及びIDT13, 14間のギャップGが異なるように、さらに種々の弾性表面波フィルタ11を作製し、その挿入損失を測定した。結果を図23に示す。

【0077】図23から明らかなるように、IDTの電極指の対数 N_{IDT} の数及びIDT13, 14間のギャップ

$*_{IDT}$ の数を求めた。結果を図21に示す。

【0070】図21の横軸はIDT間のギャップXの値を示し、縦軸は N_{IDT} の数を示す。すなわち、図18に示した特性を例にとると、IDT-IDT間のギャップ x が 0.50λ の場合には、 $N_{IDT} = 50$ において帯域幅が0となる。従って、図21では、 $X = 0.5$ のところでは、 N_{IDT} は50とされている。

【0071】よって、図21において、測定された点を結んで得られた曲線Mよりも下方の領域となるように N_{IDT} を設定すれば、帯域幅を得ることができ、かつ N_{IDT} の数をその範囲で調整することにより所望の帯域幅を実現し得ることがわかる。

【0072】図21の曲線Mを近似すると、曲線M上の N_{IDT} の値 $N_{IDT MAX}(x)$ は、

$$\cdots \text{式 (5)}$$

G の大きさの如何に係わらず、反射器15, 16の電極指の数 N_{REF} が増加するにつれて、挿入損失が低下することがわかる。また、挿入損失は、反射器の電極指の本数 N_{REF} が20を超えるとほぼ一定となることがわかる。

【0078】従って、 N_{REF} を20以下とすれば、 N_{REF} を調整することにより、挿入損失を調整し得ることがわかる。すなわち、 N_{REF} の数を調整するだけで、容易に所望とする挿入損失の弾性表面波フィルタ11を提供することができる。

【0079】なお、図15に示した弾性表面波フィルタ11では、第1, 第2のIDT13, 14を有する1段の縦結合型弾性表面波フィルタを示したが、本発明に係る縦結合型弾性表面波フィルタは、2段以上の複数段構成を有するものであってもよい。図22は、図15に示した縦結合型弾性表面波フィルタ11を2段縦接続してなる縦結合型弾性表面波フィルタの電極構造を示す平面図である。

【0080】弾性表面波フィルタ21では、上記特定のオイラー角の水晶基板上に、TaまたはWを用いて、第1, 第2のIDT23, 24が形成されており、IDT23, 24の設けられている領域の表面波伝搬方向両側に反射器25, 26が形成されている。さらに、IDT23, 24が形成されている領域の側方に、第1, 第2のIDT27, 28が設けられており、IDT27, 28が設けられている領域の表面波伝搬方向両側に反射器29, 30が設けられている。IDT23, 24, 27, 28は、それぞれ、一対のくし歯電極23a, 23b, 24a, 24b, 27a, 27b, 28a, 28bを有する。

【0081】ここでは、IDT23, 24及び反射器25, 26で構成される弾性表面波フィルタ部と、IDT27, 28及び反射器29, 30で構成される弾性表面波フィルタ部とが接続されて2段構成の弾性表面波フィ

ルタとされている。

【0082】すなわち、IDT23の一方のくし歯電極23aがアース電位に接続され、他方のくし歯電極23bが、IDT28の一方のくし歯電極28aに電気的に接続されている。また、IDT28の他方のくし歯電極28bがアース電位に接続されている。従って、上記2個の弹性表面波フィルタ部が2段縦属接続されている。

【0083】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、水晶基板上にIDTを形成してなる弹性表面波装置において、水晶基板としてオイラー角(0, θ, 90°)においてθが122°以上、131°以下のものを用い、かつIDTがTaまたはWを含む電極材料を用いて構成されているので、上述した実験例から明らかのように、周波数温度特性及び共振特性が良好な弹性表面波装置を提供することができる。しかも、TaやWは、金電極に比べて安価であるため、弹性表面波装置のコストを低減することができる。さらに、TaやWは、Auに比べて加工が容易であるため、所望とする共振特性を有する弹性表面波装置を安定にかつ高精度に形成することができる。

【0084】請求項2に記載の発明によれば、水晶基板上にIDTを形成してなる弹性表面波装置において、水晶基板としてオイラー角(0, θ, 90°)においてθが125°以上、128°以下のものを用い、IDTがTaまたはWを含む電極材料を用いて構成されているので、前述した実験例から明らかのように、より一層良好な共振特性が得られる。また、請求項1に記載の発明と同様に、TaやWを用いてIDTが構成されているので、弹性表面波装置のコストを低減することができ、かつ所望とする共振特性を有する弹性表面波装置を安定にかつ高精度に形成することができる。

【0085】請求項3に記載の発明によれば、励振される表面波の波長をλとしたときに、IDTの電極指交叉幅が40λ以下とされているので、帯域内における横モードによる不要スプリアスを効果的に抑圧することができ、良好な共振特性を得ることができる。

【0086】請求項4に記載の発明では、IDTを構成する電極材料がTaであり、水晶基板のオイラー角におけるθが上述した式(1)を満たす値とされているので、-20~80°Cの温度範囲における周波数変化率が200ppm以下とされ、良好な温度特性を有する弹性表面波装置を提供することができる。

【0087】請求項5に記載の発明では、IDTを構成する電極材料がWであり、水晶基板のオイラー角におけるθが上述した式(2)を満たす値とされているので、-20~80°Cの温度範囲における周波数変化率が200ppm以下とされ、良好な温度特性を有する弹性表面波装置を提供することができる。

【0088】請求項6に記載の発明では、IDTの表面波伝搬方向両側に反射器が配置されて弹性表面波共振子

が構成されており、さらにIDTの電極指の対数N_{IDT}が200以下とされているので、N_{IDT}の数を調整することによりインピーダンス比を調整することができ、所望の特性の弹性表面波共振子を容易に提供することができる。

【0089】請求項7に記載の発明では、N_{IDT}が100以下とされているので、N_{IDT}の数を調整することにより共振抵抗を調整することができ、それによって所望の特性を有する弹性表面波共振子を容易に提供することができる。

【0090】請求項8に記載の発明では、N_{IDT}が20以下とされているので、N_{IDT}を調整することにより比帯域幅を調整でき、それによって所望の特性の弹性表面波共振子を容易に提供することができる。さらに、N_{IDT}が比較的小さいので、弹性表面波共振子の小型化を図ることが可能となる。

【0091】請求項9に記載の発明では、IDTの両側に反射器を設けた弹性表面波共振子において、反射器の電極指の本数N_{REF}が20以下とされているので、反射器における電極指の本数を調整することによりインピーダンス比を容易に調整することができる。従って、所望とする特性の弹性表面波共振子を、反射器の電極指の数を調整するだけで、容易に提供することができる。

【0092】請求項10に記載の発明では、請求項6~9のいずれかに記載の弹性表面波共振子としての弹性表面波装置を用いて弹性表面波フィルタが構成されているので、上述したように、インピーダンス比、比帯域幅、共振抵抗などの特性をN_{IDT}やN_{REF}を調整することにより容易に調整することができ、従って所望とするフィルタ特性を容易に実現することができる。

【0093】請求項11に記載の発明に係る縦結合型弹性表面波フィルタでは、上記特定のオイラー角の水晶基板上に、TaまたはWを含む電極材料により第1、第2のIDTが構成されており、第1、第2のIDTの電極指の対数N_{IDT}が、N_{IDT MAX}(x)以下に選ばれているので、N_{IDT}を調整することにより帯域幅を容易に調整することができる。従って、所望とする帯域幅の縦結合型弹性表面波フィルタを容易に提供することができる。

【0094】請求項12に記載の発明に係る縦結合型弹性表面波フィルタでは、上記特定のオイラー角の水晶基板上にTaまたはWを含む電極材料により構成された第1、第2のIDTが形成されており、第1、第2のIDTの設けられている領域の表面波伝搬方向両側に反射器が配置されており、この反射器の電極指の数N_{REF}が20以下とされているので、反射器の電極指の数N_{REF}を調整するだけで挿入損失を容易にコントロールすることができ、それによって所望の特性の弹性表面波フィルタを容易に提供することができる。

【図1】本発明の一実施例に係る弾性表面波装置を説明するための平面図。

【図2】図1に示した実施例の弾性表面波装置において、水晶基板のオイラー角(0, θ, 90°)においてθを125~128°の範囲のいずれかの値θ'とした場合のθの変化と周波数温度係数TCFとの関係を示す図。

【図3】図1に示した実施例の弾性表面波装置の共振特性を示す図。

【図4】θを変化させた場合のインピーダンス比の変化を示す図。

【図5】実施例の弾性表面波共振子において、 $d \times h / \lambda = 0.012$ 、 $\theta = 127^\circ$ の場合の周波数温度特性を示す図。

【図6】実施例の弾性表面波共振子において、電極材料としてTaを用いた場合に、 $d \times (h / \lambda)$ とθとの関係を示す図。

【図7】実施例の弾性表面波共振子において、電極材料としてWを用いた場合に、 $d \times (h / \lambda)$ とθとの関係を示す図。

【図8】実施例の弾性表面波共振子における反共振周波数と共振周波数との差の共振周波数に対する周波数比と、インピーダンスとの関係を示す図であり、IDTの電極指交叉幅が 25λ の場合の特性を示す図。

【図9】実施例の弾性表面波共振子における反共振周波数と共振周波数との差の共振周波数に対する周波数比と、インピーダンスとの関係を示す図であり、IDTの電極指交叉幅が 40λ の場合の特性を示す図。

【図10】実施例の弾性表面波共振子における反共振周波数と共振周波数との差の共振周波数に対する周波数比と、インピーダンスとの関係を示す図であり、IDTの電極指交叉幅が 100λ の場合の特性を示す図。

【図11】実施例の弾性表面波共振子におけるIDTの電極指の対数N_{IDT}とインピーダンス比との関係を示す図。

【図12】実施例の弾性表面波共振子において、IDTの電極指の対数N_{IDT}と比帯域幅との関係を示す図。

【図13】実施例の弾性表面波共振子においてIDTの電極指の対数N_{IDT}と共振抵抗との関係を示す図。

【図14】実施例の弾性表面波共振子において、反射器の電極指の数N_{REF}とインピーダンス比との関係を示す図。

【図15】本発明の第2の実施例としての縦結合型弾性表面波フィルタを示す平面図。

【図16】(a)及び(b)は、N_{IDT}を変化させた場合の縦結合型弾性表面波フィルタの挿入損失-周波数特性を示す。

【図17】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおけるN_{IDT}と帯域幅との関係を示す図であり、IDT-IDT間のギャップx=0.20λの場合の結果を示す図。

10 【図18】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおけるN_{IDT}と帯域幅との関係を示す図であり、IDT-IDT間のギャップx=0.50λの場合の結果を示す図。

【図19】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおけるN_{IDT}と帯域幅との関係を示す図であり、IDT-IDT間のギャップx=0.70λの場合の結果を示す図。

【図20】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおけるN_{IDT}と帯域幅との関係を示す図であり、IDT-IDT間のギャップx=0.90λの場合の結果を示す図。

【図21】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおけるIDT間のギャップxとN_{IDT MAX}との関係を示す図。

20 【図22】本発明の縦結合型弾性表面波フィルタの変形例を説明するための平面図。

【図23】実施例の縦結合型弾性表面波フィルタにおける反射器の電極指の本数N_{REF}と、挿入損失との関係を示す図。

【図24】実施例の弾性表面波共振子を複数用いて構成された本発明の一実施例としての弾性表面波フィルタの回路図。

【符号の説明】

1…弾性表面波装置としての弾性表面波共振子

2…水晶基板

3…IDT

3a, 3b…くし歯電極

4, 5…反射器

4a, 5a…電極指

11…縦結合型弾性表面波フィルタ

12…水晶基板

13, 14…第1, 第2のIDT

13a, 13b, 14a, 14b…くし歯電極

15, 16…反射器

15a, 16a…電極指

21…縦結合型弾性表面波フィルタ

22…水晶基板

23, 24…第1, 第2のIDT

23a, 23b, 24a, 24b…くし歯電極

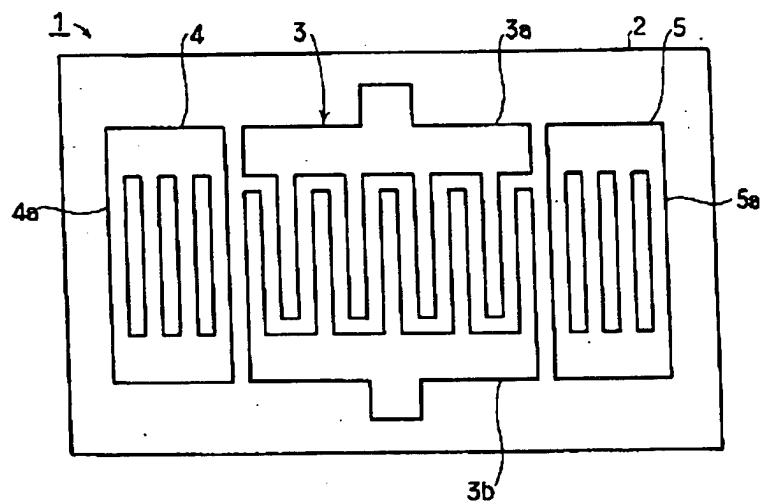
25, 26…反射器

27, 28…第1, 第2のIDT

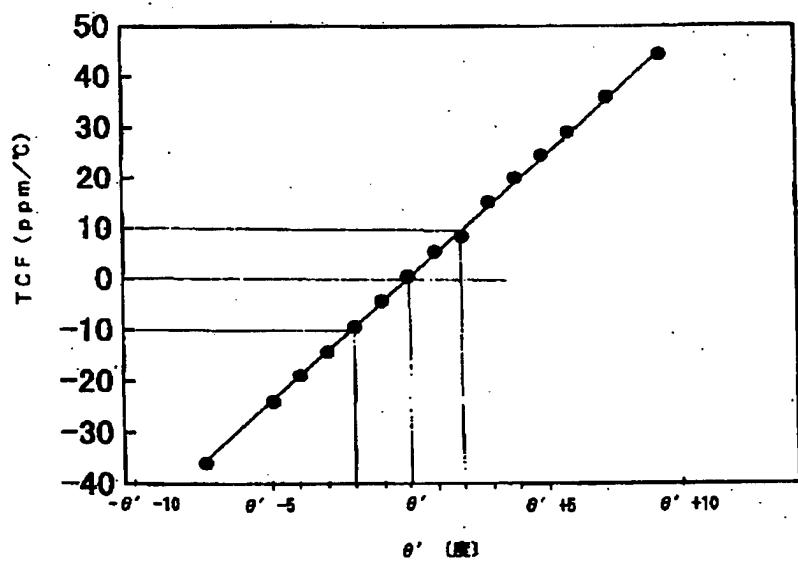
27a, 27b, 28a, 28b…くし歯電極

29, 30…反射器

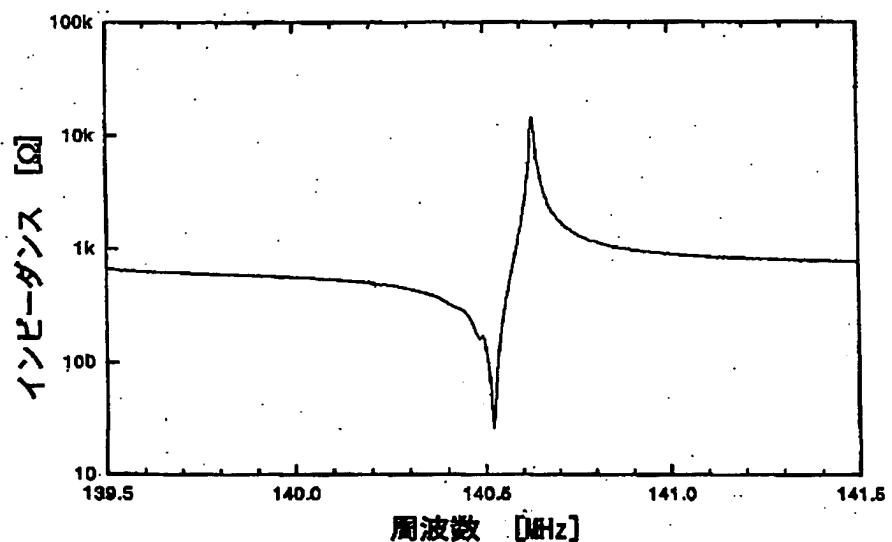
【図1】



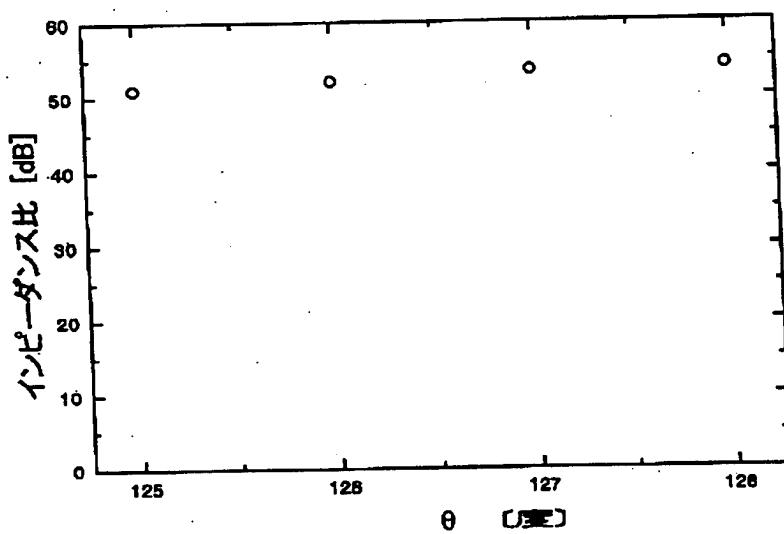
【図2】



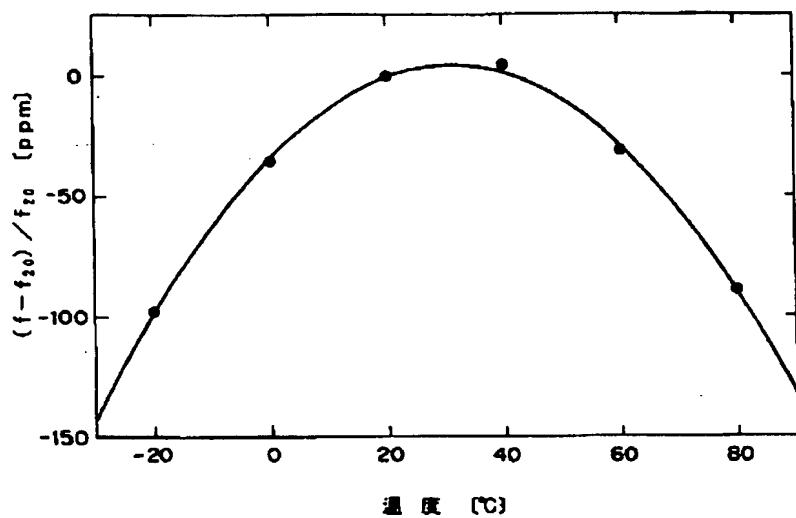
【図3】



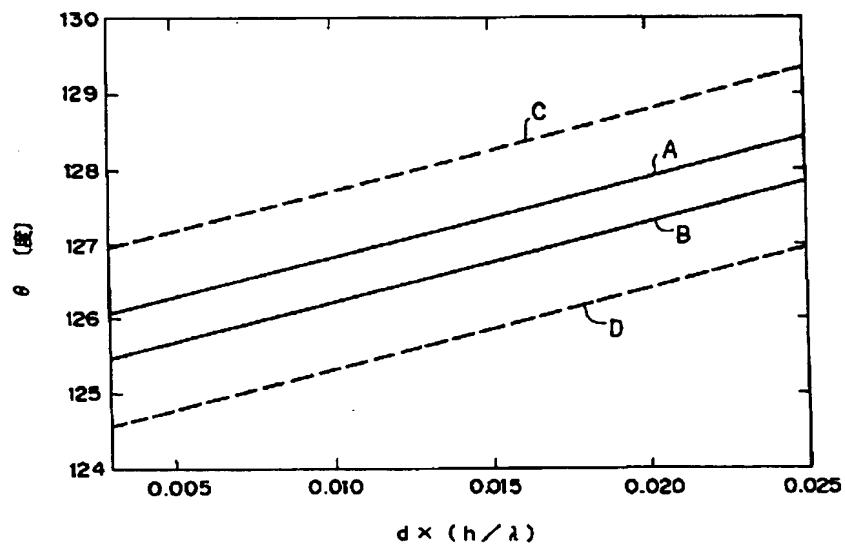
【図4】



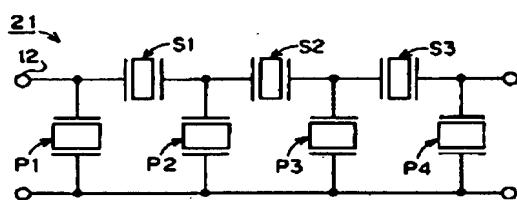
【図5】



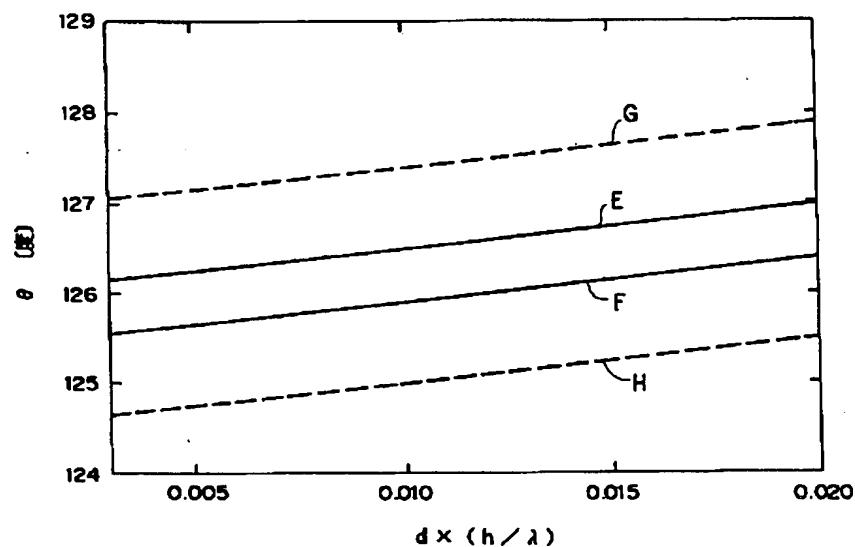
【図6】



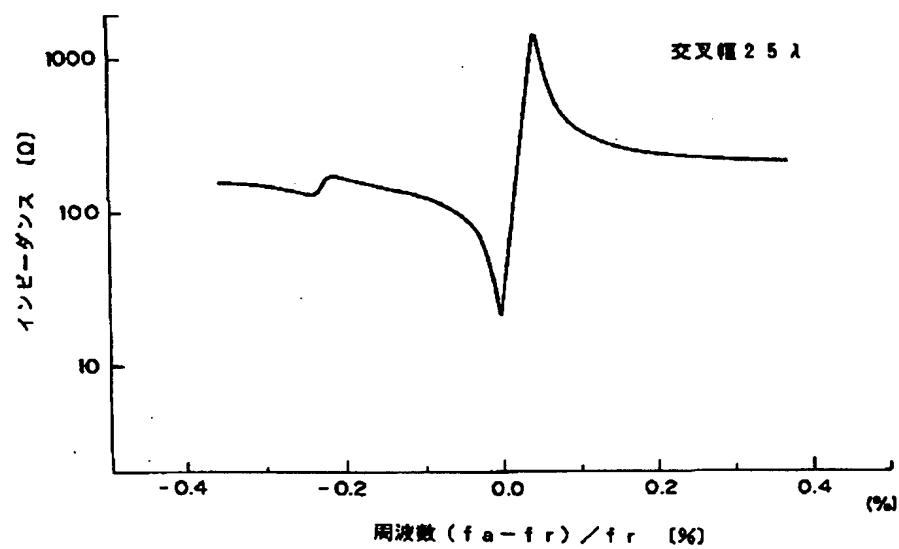
【図24】



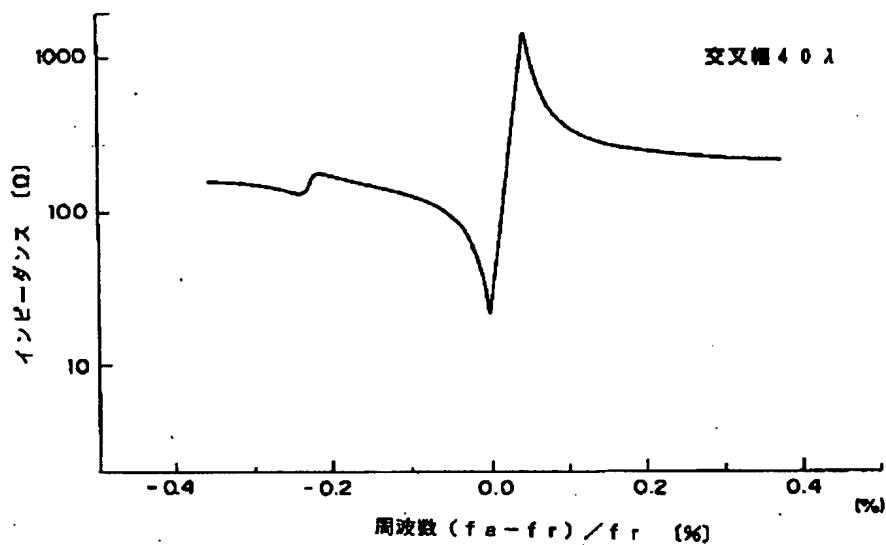
【図7】



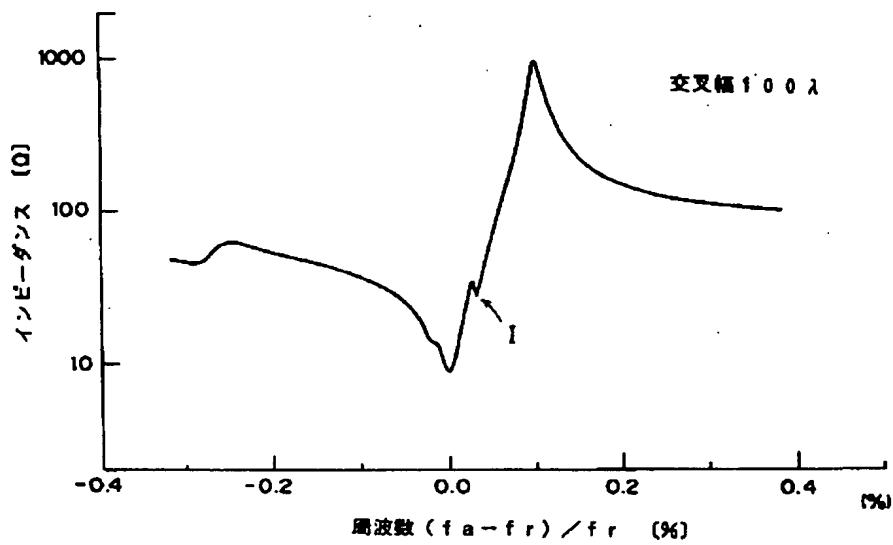
【図8】



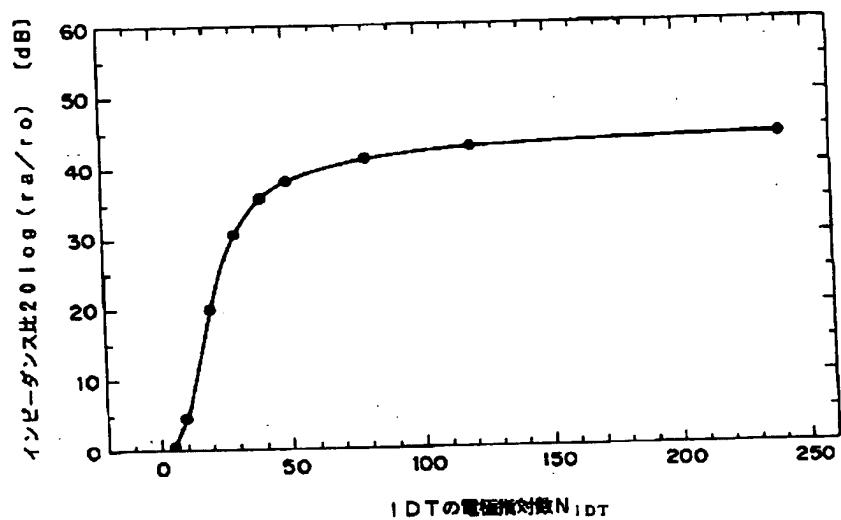
【図9】



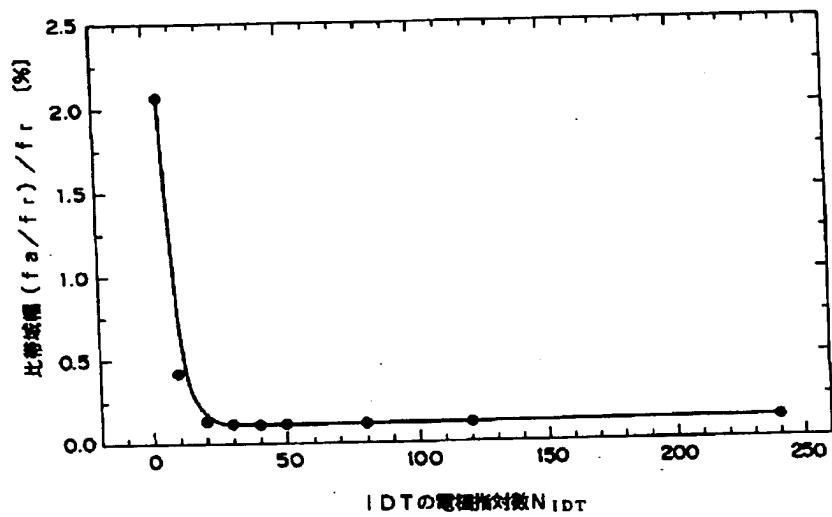
【図10】



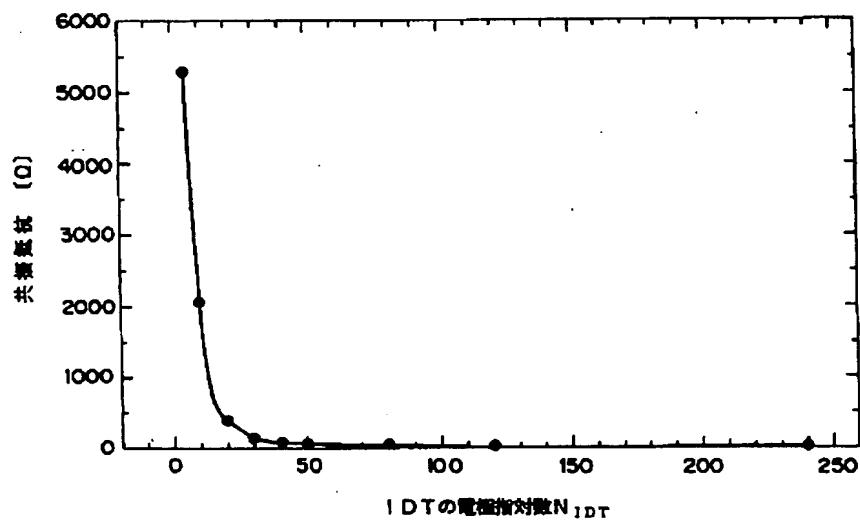
【図11】



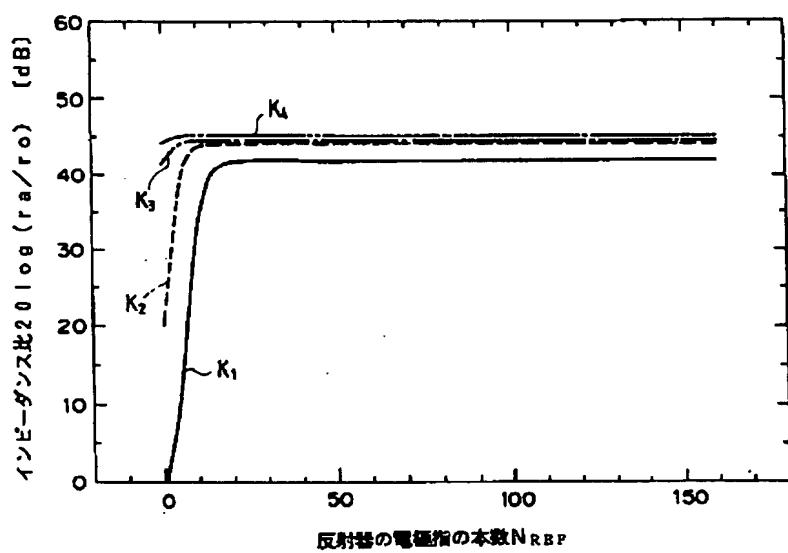
【図12】



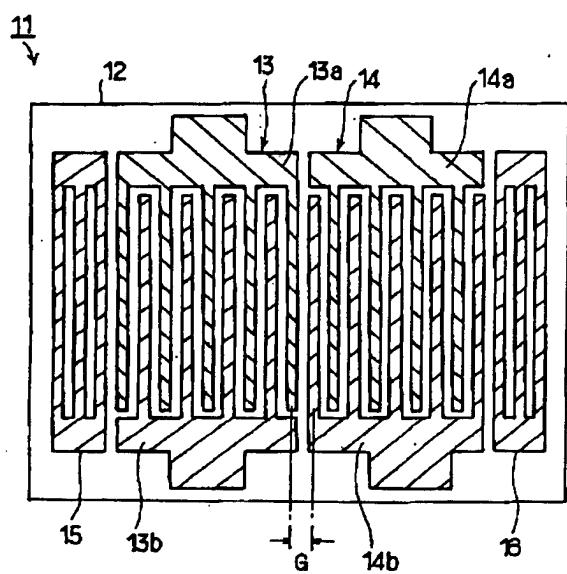
【図13】



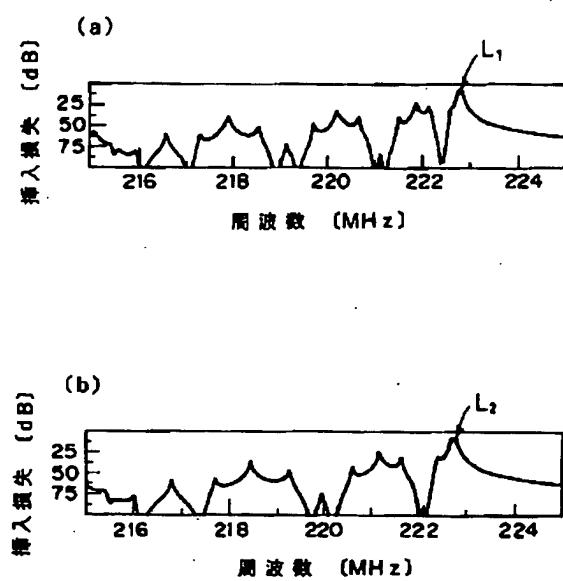
【図14】



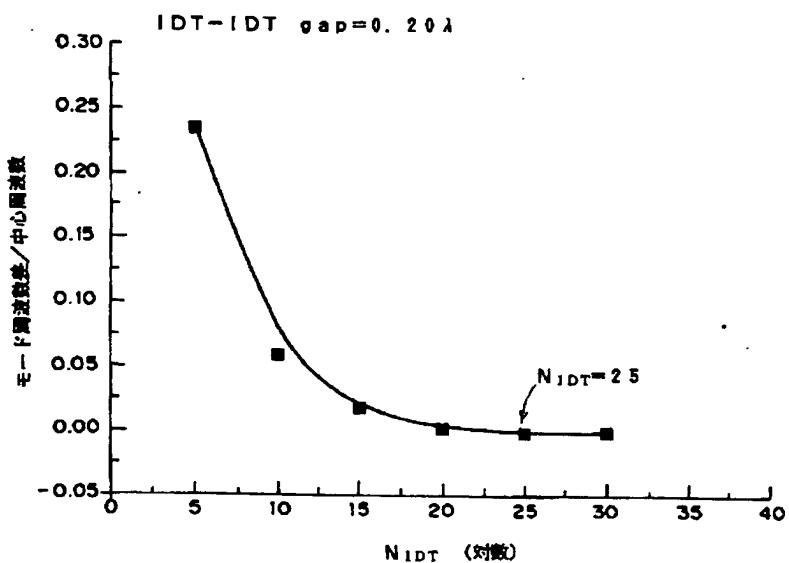
【図15】



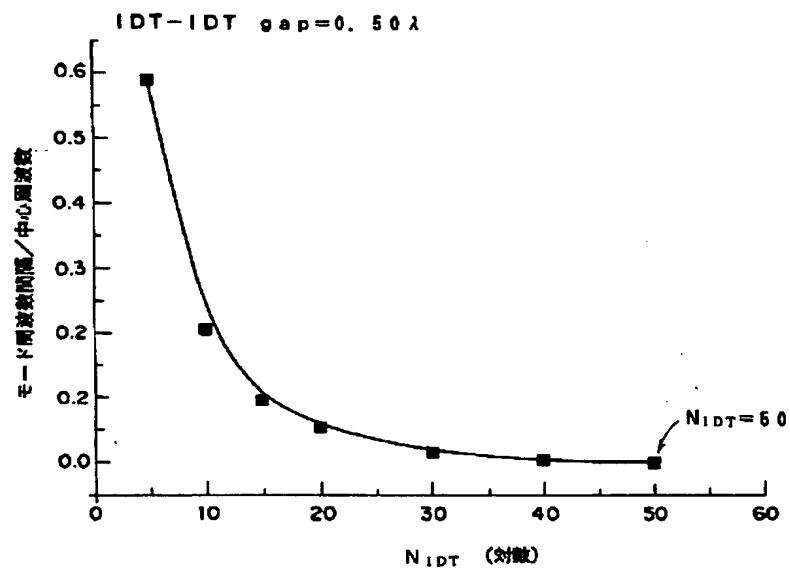
【図16】



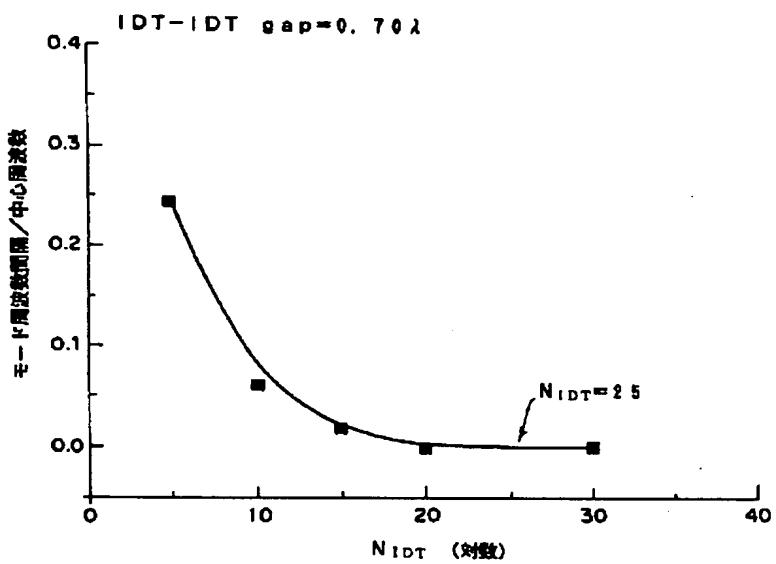
【図17】



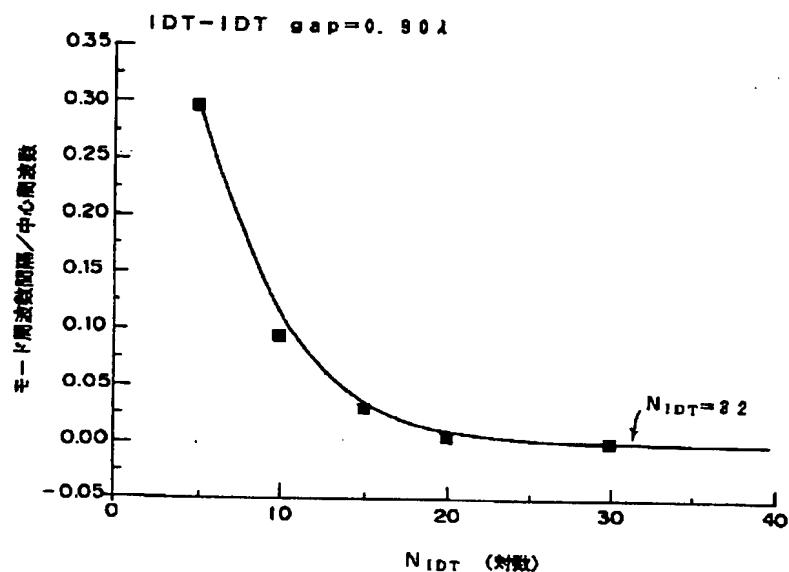
【図18】



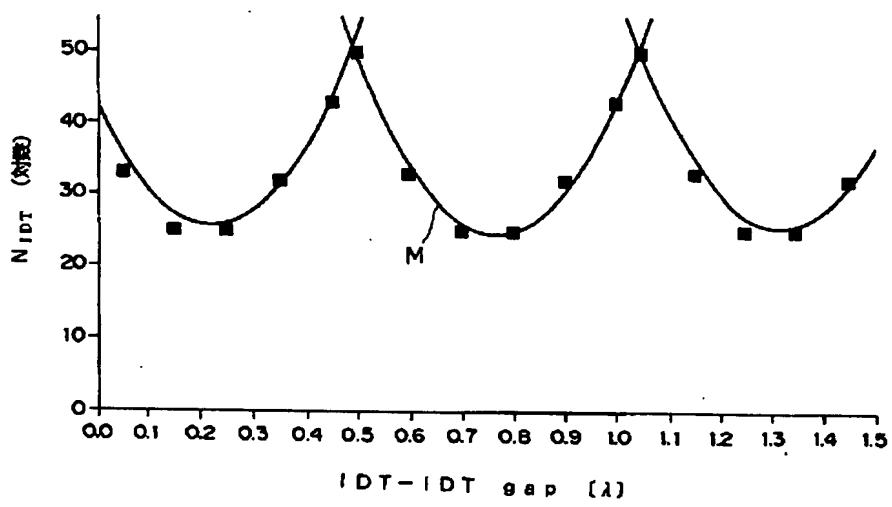
【図19】



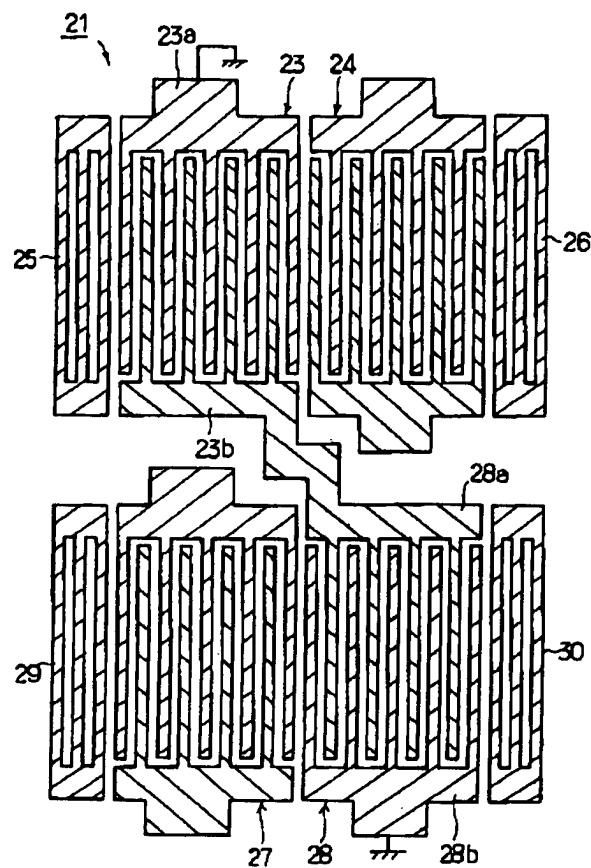
【図20】



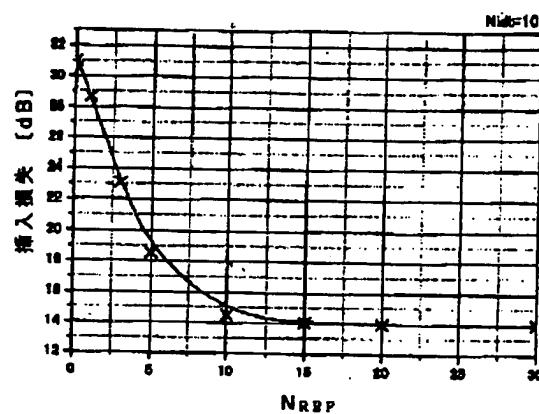
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72) 発明者 中尾 武志

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内